

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ**  
**LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ FAKULTA**

**Ústav nauky o dřevě**

**Analýza variability tvorby xylému po obvodu kmene smrku ztepilého v rámci  
vegetačního období**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

## **Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: **Analýza variability tvorby xylému po obvodu kmene smrku ztepilého (*Picea abies* (L.) Karst.) v rámci vegetačního období** zpracoval samostatně a uvedl všechny použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje diplomová práce byla zveřejněna v souladu s § 47b Zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a uložena v knihovně Mendelovy univerzity v Brně, zpřístupněna ke studijním účelům ve shodě s Vyhláškou rektora MENDELU o archivaci elektronické podoby závěrečných prací.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladu spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně, dne: .....

.....

Miroslav Kašpar

## **PODĚKOVÁNÍ**

Rád bych poděkoval zaměstnancům Ústavu nauky o dřevě, především vedoucímu mé závěrečné práce doc. Ing. Hanuši Vavrčikovi, Ph.D., za odborné konzultace, za čas věnovaný zjišťování dat z vytvořených mikroskopických preparátů. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Marku Fajstavrovi, za cenné rady při výrobě trvalých preparátů. Mé poděkování patří i Ústavu ekologie lesa, za umožnění sběru dat na výzkumné ploše. V neposlední řadě děkuji doc. RNDr. Ireně Markové, CSc., z Ústavu zakládání a pěstění lesů za poskytnutá klimatická data z výzkumné plochy.

## **ABSTRAKT**

Kašpar, M.: Analýza variability tvorby xylému po obvodu kmene smrku ztepilého (*Picea abies* L.) v rámci vegetačního období.

Bakalářská práce. Mendelova univerzita v Brně. 2017.

Bakalářská práce je zaměřena na analýzu variability tvorby xylému po obvodu kmene smrku ztepilého v rámci vegetačního období. Výzkum variability xylogeneze probíhal na výzkumné ploše v Rájci-Němčice. Hlavním úkolem je porovnat variabilitu tvorby xylému u stejně starých stromů během vegetačního období 2016. Odběry vzorků byly prováděny v týdenních intervalech od 31. března do 10. listopadu pomocí trephoru. Z odebraných mikrovývrtů se následně zhotovovaly trvalé preparáty. Získaná data byla porovnána s literárními zdroji zaměřenými na podobnou problematiku.

Klíčová slova: smrk, xylém, kambiální aktivita, trephor, tvorba dřeva.

## **ABSTRACT**

Kašpar, M.: Analysis of the variability of xylene formation along the circumference of the spruce tree (*Picea abies* L.) during the vegetation period.

Bachelor thesis. Mendel University in Brno. 2016

The bachelor thesis is focused on the analysis of the variability of xylum formation along the circumference of spruce stem in the vegetation period. Research on xylogenetic variability was carried out on the research area in Rájci-Němčice. The main task is to compare the variability of xylan production in the same old trees during the 2016 growing season. Sampling was performed at weekly intervals from 31 March to 10 November using trephor. From the collected microwells, continuous preparations were then made. The obtained data were compared with literary sources focused on similar issues.

Key words: spruce, xylem, cambial activity, trephor, wood growth.

## OBSAH

<b>1 ÚVOD</b> .....	<b>7</b>
<b>2 CÍL PRÁCE</b> .....	<b>8</b>
<b>3 LITERÁRNÍ PŘEHLED</b> .....	<b>9</b>
3.1 Charakteristika smrku ztepilého .....	9
3.1.1 Rozšíření .....	10
3.1.2 Ekologie .....	11
3.1.3 Využití.....	13
3.1.4 Vlastnosti dřeva .....	13
3.2 Anatomická stavba dřeva jehličnatých dřevin .....	13
3.2.1 Makroskopická stavba dřeva .....	14
3.2.2 Mikroskopická stavba dřeva.....	15
3.2.3 Růst stromu .....	17
<b>4 MATERIÁL A METODIKA</b> .....	<b>20</b>
4.1 Lokalizace.....	20
4.2 Odebírání vzorků.....	20
4.3 Zkracování vzorků a označování příčného řezu. ....	21
4.4 Dehydratace vzorků .....	21
4.5 Výroba parafinových vzorků .....	22
4.6 Úprava bločků a trimování .....	23
4.7 Krájení mikroskopických řezů.....	23
4.8 Barvení Safraninem a Astra blue .....	24
4.9 Zavírání krycím sklíčkem.....	24
4.10 Mikroskopické vyhodnocování vzorků .....	24
4.11 Gompertzova funkce .....	25
<b>5 VÝSLEDKY</b> .....	<b>26</b>
5.1 Kambiální aktivita .....	26
5.2 Diferenciace tracheid.....	27
5.2.1 Fáze radiálního rozšiřování buněk.....	29
5.2.2 Fáze dozrávání buněk .....	29
5.2.3 Fáze zralých buněk .....	29
5.3 Celkový roční přírůst.....	30
5.4 Aplikace Gompertzovy funkce .....	31
5.5 Srovnání jednotlivých stromů.....	33

<b>6 DISKUZE.....</b>	<b>35</b>
<b>7 ZÁVĚR.....</b>	<b>37</b>
<b>8 SUMMARY .....</b>	<b>38</b>
<b>9 LITERATURA .....</b>	<b>39</b>
<b>9 SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>41</b>
<b>10 SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>41</b>
<b>11 PŘÍLOHY .....</b>	<b>42</b>

# 1 ÚVOD

Les je velmi složitý ekosystém tvořený rostlinou a živočišnou složkou a abiotickým prostředím. Poskytuje člověku zdroj dříví, místo pro rekreaci, má stabilizační a protierozní funkci. Neméně podstatná je i produkce kyslíku. Les byl lidmi využíván již od doby kamenné. Využívaly ho jako zdroj obživy a úkrytu, poskytoval materiál na výrobu zbraní a přístřešků a v poslední řadě surovinu pro udržení ohně.

Strom roste do výšky běžným prodlužovacím růstem a do šířky činností kambia a felogénu. Při růstu do šířky dochází k sekundárnímu tloušťnutí. Bude-li mít strom optimální podmínky k růstu, je předpokladem že i přírůst bude větší jak za špatných podmínek. Různé druhy dřevin mají rozdílné ekologické nároky, a je potřeba je pěstovat ve vhodných podmínkách.

Při zkoumání dřeva na buněčné úrovni, můžeme pozorovat, při jakých podmínkách má daná rostlina největšího přírůstu.

V České republice je nejvýznamnější hospodářskou dřevinou smrk ztepilý (*Picea abies* (L.) Karst), který zaujímá 52,4 % porostní plochy. Je rozšířen po celém území od nížin až po vysoké hory. Smrk má celou řadu využití. Mladé stromky do výšky 250 cm se využívají jako vánoční dekorace, zelené větvičky se používají jako samostatná dekorace nebo k vazbě věnců a kytic. Hlavním produktem smrku je dřevo, které se využívá v stavitelství, papírenství, nábytkářství, chemickém průmyslu a při získávání tepla.

V uplynulých staletích byly na území České republiky vysazovány rozsáhlé monokultury smrkových porostů. Bylo to z důvodu velké poptávky po smrkovém dřevu, rychlému růstu a snadnému obhospodařování monokultur. V dnešní době je cílem monokultury odstranit a pěstovat smíšené porosty s přirozenou druhovou skladbou.

## **2 CÍL PRÁCE**

Cílem práce je analyzovat na buněčné úrovni dynamiku růstu smrku ztepilého během vegetačního období roku 2016, především posoudit vliv dvou odlišných míst odběru mikrovývrtů na obvodu kmene příslušného vzorníku. Zhotovení mikroskopických preparátů z mikrovývrtů odebraných na výzkumné ploše Rájec-Němčice, které byly odebírány vždy ze dvou protilehlých míst obvodu kmene ze tří vzorníkových stromů. Statisticky vyhodnotit a analyzovat naměřená data. Porovnat variabilitu mezi vzorníkovými stromy a variabilitu v rámci jednotlivých stromů. Srovnat zjištěné výsledky s údaji v literatuře.



## 3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

### 3.1 Charakteristika smrku ztepilého

Smrk ztepilý (*Picea abies* L.) je jehličnatá neopadavá dřevina dorůstající velkých rozměrů, s průběžným přímým kmenem a pravidelným přeslenitým větvením. Dosahuje stáří 350–400 let, výšky kolem 50 m a průměru kmene až 1,5 m. Největší exempláře dorůstají objemu přes 30 m<sup>3</sup>. Koruna smrku si až do vysokého věku zachovává štíhlý, kuželovitý vrchol (Úradníček et al., 2009). Střední výška ve sto letech věku se v ČR pohybuje mezi 16–36 m, objem středního kmene ve sto letech může na nejbohatších stanovištích dosahovat až 2 m<sup>3</sup>. Kmen je štíhlý, pravidelného až válcovitého tvaru většinou se značně vyvinutými kořenovými náběhy. Borka je v mládí červenohnědá, tenká a šupinatá, později šedá a odlupující se v plochých šupinách (Musil, Hamerník, 2007). Větve hlavních přeslenů bývají nejčastěji mírně nicí, ke konci často nahoru srpovitě zakřivené. Koruna horských typů je někdy štíhlá, s jemným ovětvením, jindy zase široká, se silnými větvemi. Jehličí vytrvává obvykle 6 až 9 let (Úradníček et al., 2009).

Smrk začíná plodit v porostu asi od 60. roku a plodné roky se opakují po 4 až 5 letech. (Musil, Hamerník, 2007) uvádí že výjimečně lze pozorovat předčasnou plodnost na zcela mladých exemplářích, živořících na extrémním stanovišti. Šišky bývají před dozráním nejčastěji zeleně zbarvené, jsou však také typy s červenofialovými šíškami, které se vyskytují častěji v horách a náležejí obvykle k častěji rašícím exemplářům. Okraje šupinek šišek jsou velmi různě tvarovány od zaokrouhlených přes utáaté až po zašpičatělé s vlnitými okraji. Široce zaokrouhlené šupiny jsou hojnější u smrků v horských a na severu areálu. Jako ab-normalita se občas vyskytují šišky s ohrnutými šupinami. Šišky dávají velké množství semen, jejich klíčivost trvá několik let (Úradníček et al., 2009).

Semenáček má 5 až 10 štíhlých, nahoru prohnutých děložních lístků a několik primárních jehlic. V druhém roce opadnou děložní lístky a vyrostou útlé jehlice, odlišné od dospělých. Od třetího roku se tvoří pravidelné přesleny. Výškový přírůst je v prvních letech pozvolný, stupňuje se poněkud a vrcholí ve 40 a končí ve 100 letech (Musil, Hamerník, 2007).

Kořenový systém je rozvinut do plochy, rozložený při povrchu. Smrk proto bývá v půdě slabě zakotven a snadno dochází k vývrátům. V monokulturách se svrchní půda

mělkým zakořeněním značně vyčerpává. Kolem horní hranice lesa se stává, že kořenují k zemi splývající větve a vyrůstají tak skupiny, obklopující mateřský strom (rozvody). Kořenové náběhy bývají dobře vyvinuty. Smrk dobře klíčí na pařezech a padlých kmenech, což vede ke vzniku chůdovitých kořenů (Úradníček et al., 2009).

Smrk netvoří nikdy výmladky ani na vyvětveném kmeni, ač některé jiné druhy rodu mají výmladkovou schopnost. Jen obtížně kořenují z řízků, dobře se však roubují. Některé zahradní kultivary zakrslého vzrůstu se množí z řízků přijatelně. Regenerační schopnost při poškození je nepatrná, nevytváří nikdy nový vrcholek ze spícího pupenu. Smrk je choulostivý na okus zvěří a mladé kmínky velmi trpí vytloukáním a loupáním od zvěře. Smrk sice proto neuhyne, ale rány jsou vstupní branou hniloby, která má za následek zlomy. Smrk dobře snáší zastříhování a tvarování. Stříhat je však třeba zavčas, neboť odesychající větve už neobrazí (Kremer, 1995).

### 3.1.1 Rozšíření

Smrk ztepilý má rozlehlý euroasijský areál, zasahující přes celou Sibiř na východ až k Ochotskému moři. Asijský areál s přiléhající částí nejchladnější severovýchodní Evropy však náleží smrku sibiřskému (*Picea obovata* L.) taxonomicky hodnocenému nejčastěji jako poddruh. Je však dostatek znaků, odůvodňujících jeho osamostatnění. Dělicí čára evropského a sibiřského smrku probíhá zhruba od Kolského poloostrova k jižním výběžkům Uralu (Úradníček et al., 2009).

Vertikální rozšíření smrku se značně mění v závislosti na zeměpisné šířce. Na severu Evropy smrk roste v nížinách a pahorkatinách do výšky několika set metrů. Ve střední Evropě se smrk stává podhorskou a horskou dřevinou a vystupuje zde až k lesní hranici. Optimální polohy smrku zde jsou ve výškách 600-1000 m n. m. I zde vystupuje smrk na lesní hranici do výšek 1700-1900 m n. m. Dále k jihu smrk vystupuje ještě výše. V nejteplejších částech areálu, tj. v Rhodopské oblasti nebo v jižní části švýcarských Alp roste smrk ve výškách 1600-1900 m n. m. a vystupuje na horní hranici lesa do výšek 2000-2200 m n. m.

Na celém našem území je zastoupen horský smrk hercynsko-karpatské oblasti. V Českých zemích se hercynský smrk vyskytuje téměř ve všech nižších i vyšších pohorích. Těžištěm rozšíření jsou okrajová horstva: Novohradské hory, Šumava, Český les, Krušné hory, Jizerské hory, Krkonoše, Orlické hory, Jeseníky. Řidší je přirozené zastoupení

smrku ve vnitrozemských horských skupinách, zejména na celé Českomoravské vrchovině, v Brbech, Slavkovském lese, Drahanské vrchovině a Oderských vrších. Hojně současné rozšíření je druhotné. Hercynský smrk u nás obsazuje nejčastěji výšky od 550 do 1000 m n. m. (Úradníček et al., 2009).

Vlivem hospodaření byl smrk v posledních 200 letech druhotně silně rozšířen všude ve Střední Evropě. Nejprve zaujal místa smíšených lesů jedlobukových, kde byl původně jenom vtroušen. Později došlo k pronikání smrku i do nižších poloh. Lesní kulturou byl smrk dále rozšiřován i na místa čistých bučin a dokonce doubrav, takže se v první polovině 19. století stal hlavní dřevinou kmenovin. Od té doby se pěstební a zřizovatelská praxe stále více přizpůsobovala potřebám této dřeviny. Svým rychlým růstem a technickými přednostmi dřeva opanoval smrk les a dřevařský trh a vytlačil většinu původních dřevin. Tento trend trvá dodnes, přestože na nevhodných stanovištích, která byla smrku vnucena, došlo k velkému rozvoji chorob a škůdců s následnými kalamitami velkého rozsahu. Také silný vítr a těžký sníh působí rozsáhlé polomy.

### **3.1.2 Ekologie**

Smrk je světlo milná dřevina, snášející v mládí zástin, což je jedna z příčin, proč snadno vniká do porostů jiných dřevin a sám zaujímá jejich místo. Jako polostinná dřevina bývá v hospodářských lesích někdy typicky v druhé etáži, např. pod borovicí nebo pod modřínem. Smrkové porosty bývají značně semknuté, pohlcují většinu dopadajícího světla a silně zastíňují půdní povrch (Úradníček et al., 2009).

Poněvadž má povrchovou kořenovou soustavu, je smrk značně náročný na půdní vlhkost a suchá léta ho snadno postihnou. Příznivá stanoviště se vyznačují rovnoměrnou vlhkostí. Smrkové mlaziny mají velkou spotřebu vody, a tak se stává, že původně mokré půdy pod smrkem prosechnou. Na sušších a chudších půdách s malou zásobou vody se proto v určitém stáří porostu smrku dostavuje ochromení růstu, zvláště patrné v suchých letech. Smrk snese dobře nadbytečnou vlhkost a vydrží i stagnující vodu bažin a rašelinišť. Nedostatek vláhy se však stává limitujícím faktorem dobrého růstu smrku (Kremer, 1995).

Na půdu a geologické podloží nemá smrk velké nároky, tvoří porosty na prahorách, na vápencích i na naplavených půdách nejrůznějšího druhu, jen když nejsou příliš suché nebo extrémně chudé. Na vápencových horninách ustupuje zřetelně buku. Při dostatečné

vlhkosti osídluje i docela mělké půdy, kryté trochou humusu. Na chudých křemičitých půdách a kyselých rašelinách vydrží, ale roste špatně. Nedostatek provzdušnění půdy těžko snáší. Nejlépe se smrku daří na svěžích, hlinitopísčítých půdách, roste však dobře i na těžkých hlínách a pískách, pokud jsou dostatečně vlhké, stejně dobře snáší za přiměřené vlhkosti černozeň. Poblíž horní hranice lesa roste smrk často na kamenitých až balvanitých půdách. Smrkový porost silně ovlivňuje půdotvorné činitele, především vytvářením vrstvy surového humusu. Ukládání surového humusu se stupňuje při nedostatku vláhy, chudost půdy a zejména při nedostatku vápníku v půdě. Tvorbou surového humusu dochází snadno k podzolizaci. V tomto ohledu jsou výhodou stanoviště na vápencích, kde je podzolizace silně bržděna (Úradníček et al., 2009).

Rozšíření smrku od Ledového moře na severu až do hor jihovýchodní Evropy nasvědčuje tomu, že není náročný na klima. Ve schopnosti snášet nízké teploty zajímá smrk přední místo mezi dřevinami. Silné zimní mrazy mu málokdy uškodí. Mnohem citlivější je k vysokým teplotám a nesnáší nízkou relativní vlhkost vzduchu. V mládí je smrk méně ohrožen pozdními mrazy než např. jedle a hodí se proto ke zmlazování na holé ploše. Sněhem a větrem však trpí více než jedle. Pozdní přízemní mrazy mohou nadlouho pozdržet vývoj mladých kultur trvalým odmrzáním prýtů. Na dospělých stromech pozdní mrazy poškozují hlavně boční pupeny, což vede ke vzniku úzké koruny. Na klimaticky exponovaných hřebenech a vrcholech vytváří pod vlivem větru a obrusu sněhem jednostranné vlnkové koruny (Musil, Hamerník, 2007).

Smrk je přizpůsoben spíše krátké vegetační době. Nejlépe mu vyhovuje krátké a chladné léto. Pěstování v podmínkách s dlouhou růstovou sezonou má za následek příliš časté rašení a snadné podlehnutí houbovým škůdcům, působícím hnilobu. Nebezpečná červená hniloba smrku se projevuje právě v nižších, klimaticky mírných oblastech. V teplejších oblastech se proto hodí pěstovat smrk jen v úzkých a hlubokých dolinách, kde se shromažďuje vlhký, studený vzduch a vzniká nadbytečná vlhkost. Příliš mírná zima a dlouhá vegetační doba tak bývá po nedostatku vláhy dalším limitujícím faktorem pro pěstování smrku (Kremer, 1995).

Smrk je citlivý na znečištění ovzduší a nehodí se do parků větších měst. Je velmi choulostivý na průmyslové exhalace, zejména SO<sub>2</sub>, což se projevilo rozsáhlým hynutím porostů, např. v Krušných a Jizerských horách (Úradníček et al., 2009).

### **3.1.3 Využití**

Smrk je naší hlavní hospodářskou dřevinou a je proto oporou dřevařského průmyslu. Mladé rostliny do výšky 250 cm se hojně používají jako vánoční stromky. Zelené větvičky slouží jako samostatná dekorace nebo jako surovina k výrobě vazeb a věnců. Dříve se využívala a průmyslově zpracovávala i pryskyřice. Hlavním produktem smrku je dřevní hmota. Dřevo se využívá především ve stavebnictví, papírnictví, nábytkářství, v chemickém průmyslu a při vytápění. Kvalitní oddenková část může být využita i při výrobě hudebních nástrojů (Úradníček et al., 2009).

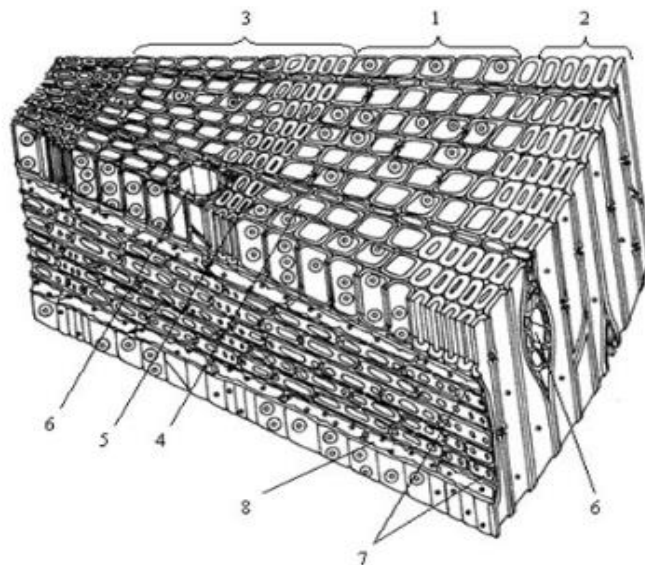
### **3.1.4 Vlastnosti dřeva**

Dřevo má po vysušení na 0 % vlhkost průměrnou hustotu 420 kg/m<sup>3</sup>. Schne rychle a dobře, s malým rizikem deformací. Má nízkou tuhost a rázovou houževnatost. střední pevnost v ohybu a tlaku a velmi malé předpoklady pro ohýbání. Při použití vykazuje minimální tvarové změny. Snadno se opracovává ručně i strojně, dobře drží hřebíky a vruty, uspokojivě se lepí, moří, natírá a lakuje. Bělové dřevo je náchylné k napadení červotočem; dřevo je špatně impregnovatelné (Vavrčík, 2002).

## **3.2 Anatomická stavba dřeva jehličnatých dřevin**

Dřevo jehličnanů je vývojově starší než dřevo listnatých dřevin. Dřevem se rozumí centrální část kmenů dřevin, nacházející se mezi dření a kambiem u zdřevnatělých rostlin, která je výsledkem dělivé funkce kambia. Je charakteristické jednoduchou, téměř pravidelnou strukturou, na níž se podílejí jen dva druhy anatomických elementů, a to

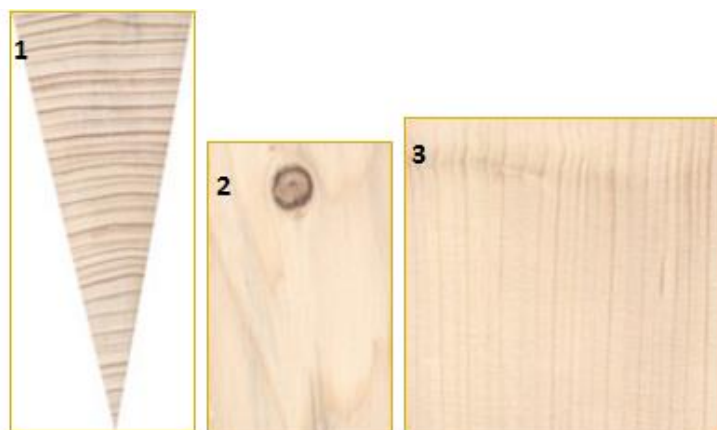
tracheidy a parenchymatické buňky (Gričar, 2007). Podle jednotlivých funkcí se rostlinná pletiva ve dřevě rozdělují na dělivá, vodivá a zásobní (Matovič, 1988).



Obr. 1: Anatomická stavba jehličnatého dřeva (Požgaj, Chovanec a kol., 1997): 1 - jarní dřevo, 2 - letní dřevo, 3 - letokruh, 4 - jarní tracheid s dvojtečkami, 5 - letní tracheida, 6 - pryskyřičný kanálek, 7 - dřevový parsek, 8 - příčná tracheida

### 3.2.1 Makroskopická stavba dřeva

Makroskopickou strukturou dřeva se rozumí soubor znaků tvořících kresbu neboli texturu na povrchu dřeva, která je charakteristická pro určité dřeviny, což umožňuje určení příslušného druhu dřeva (Šlezingerová, Gandelová, 2008). Dřevo jehličnanů se vyznačuje odlišením jarního (světlejší části letokruhu) a letního (tmavší části letokruhu) dřeva v rámci letokruhů. Podíl jarního dřeva v letokruzích je zpravidla vyšší než dřeva letního. Jarní dřevo je měkčí než letní, které je výrazně tvrdší s vyšší hustotou (Gandelová et al., 2004). Hranice mezi jarním a letním dřevem je buď ostrá nebo pozvolná. Dřevo našich jehličnanů lze podle výraznosti hranice seřadit následovně: modřín douglaska, borovice, tis, jedle, smrk, jalovec, vejmutovka. Smrkové dřevo nemá vylíšené jádro má pouze běl. Přejít mezi letním a jarním dřevem u smrku je spíše pozvolný. Pryskyřičné kanálky můžeme pozorovat na radiálním a tangenciálním řezu (Vavřík, 2002).



Obr. 2: Makroskopická stavba smrkového dřeva na základních řezech (Vavrčík et al., 2002). (1 – příčný řez, 2- radiální řez, 3 – tangenciální řez)

### 3.2.2 Mikroskopická stavba dřeva

Mikroskopické složení dřeva je u různých dřevin velmi variabilní, rozdělíme-li dřeviny na skupinu jehličnanů a listnáčů, můžeme pozorovat v rámci každé této skupiny určitou shodnost v jejich mikroskopické struktuře (Valín, 1955). Dřevo jehličnanů je vývojově mladší a má jednodušší anatomickou stavbu než dřevo listnatých dřevin (Gandelová, Šlezingerová, 2014). Dřevo jehličnatých dřevin je tvořeno pouze dvěma druhy buněk, a to tracheidy a parenchymatické buňky. Největší podíl dřevní hmoty tvoří tracheidy neboli cévice, které zabírají kolem 90 % celkového objemu dřeva. Funkce tracheid je vodivá a mechanická. Parenchymatické buňky jsou základní stavební jednotkou dřeňových paprsků, pryskyřičných kanálků a axiálního dřevního parenchymu. Parenchymatické buňky mají funkci především rozvádění organické látky (Matovič, 1988).



Obr. 3: Mikroskopická stavba smrkového dřeva na základních řezech při zvětšení 40x (Vavrčík et al., 2002). (1 - tangenciální řez, 2 - příčný řez, 3 - příčný řez)

### 3.2.2.1 Parenchymatické buňky

Parenchymatické buňky dřeva jehličnanů tvoří dřeňové paprsky a podélný dřevní parenchym. Tyto buňky se také podílejí na stavbě pryskyřičných kanálků. Mají tvar kratších hranolků, válců nebo větven. Jejich buněčné stěny jsou zdřevnatělé (kromě epitelových buněk pryskyřičných kanálků) a buňky si po různě dlouhou dobu života stromu uchovávají živou protoplazmu (Gandelová et al., 2009).

U dřev jehličnatých dřevin se nejčastěji setkáváme s dřeňovými paprsky jednovrstevnými, které na příčném řezu vypadají jako proužky orientované kolmo na letokruh a jsou složeny z jedné vrstvy krátkých parenchymatických buněk. Na tangenciálním řezu má tento paprsek tvar větene a po šířce se podobá širokým čočkám, které jsou složeny z několika vrstev buněk. Dřeňové paprsky ve dřevě smrku jsou složeny ze dvou typů buněk, nazýváme je tedy paprsky různorodými neboli heterocelulárními (Valin, 1955).

Ve dřevě některých dřevin se vytváří pryskyřičné kanálky. Pryskyřičné kanálky dělíme podle orientace na vertikální (orientovány rovnoběžně s podélnou osou kmene) a horizontální (orientovány kolmo na osu kmene) (Gandelová, Šlezingerová, 2014).

U některých jehličnatých dřevin se můžeme setkat s podélným dřevním parenchymem. Podélný (axiální) dřevní parenchym je tvořen pásy parenchymatických buněk nebo jednotlivými větvenovitými buňkami orientovanými v podélném směru osy kmene. Jejich funkcí je ukládání zásobních látek (Gandelová et al., 2009).

### 3.2.2.2 Tracheidy

Tracheidy neboli cévice jsou převládající anatomické element dřeva jehličnanů. Mohou tvořit až 95 % z celkového objemu dřevní hmoty. Základní funkce tracheid je funkce mechanická a vodivá. Kromě diferencujících se tracheid v rostoucí části posledního letokruhu se jedná o mrtvé zdřevnatělé buňky (Požgaj et al., 1993). Tracheidy můžeme rozdělit na letní a jarní. Začátkem vegetačního období se vytváří jarní tenkostěnné tracheidy, které mají převážně vodivou funkci. Jarní tracheidy jsou na koncích zaoblené, a na průřezu mají většinou čtyřúhelníkový tvar. Délka tracheidy se pohybuje mezi 2 až 6 mm, u smrku je to průměrně 2,9 mm. Ke konci vegetačního období se vytváří tracheidy letní, silnostěnné, které mají především mechanickou funkci. Jsou to



dlouhé, tlustostěnné buňky vřetenovitého tvaru s ostrým zakončením (Gandelová et al., 2009).

### **3.2.3 Růst stromu**

Růst stromu je nejzásadnějším životním projevem, který se uskutečňuje činností meristematických pletiv. Podle toho, na kterých částech stromu tyto změny posuzujeme, rozlišujeme: růst do výšky, růst do tloušťky, růst bočních větví, růst na kruhové ploše, růst stromu na objemu (Gandelová et al., 2009).

Růst do tloušťky se realizuje činností kambia a felogenu, kterou vzniká každoročně na obvodu kmene nová vrstva dřeva (Horáček et al., 2003).

#### **3.2.3.1 Kambium**

Kambium je charakterizováno jako boční dělivé pletivo (laterální meristém), které tvoří souvislou vrstvu mezi dřevní a lýkovou částí vodivého systému (Gandelová et al., 2008). V současnosti víme, že kambium není stejnotvárné, ale je tvořeno kambiálními buňkami, které dělají meristém trvalým (Philipson et al., 1971). V období vegetačního klidu tvoří kambium 3 až 6 vrstev buněk, naproti tomu ve vegetačním období může být vrstev až 20 (Larson, 1994).

Činnost kambia spočívá v oddělování nových buněk dřeva centripetálně (směrem ke dřeni) a centrifugálně (směrem k obvodu kmene) nové buňky lýka. Na dobu činnosti kambia má vliv druh dřeviny, stanoviště a konkrétní klimatické podmínky v daném vegetačním období (Gandelová et al., 2009).

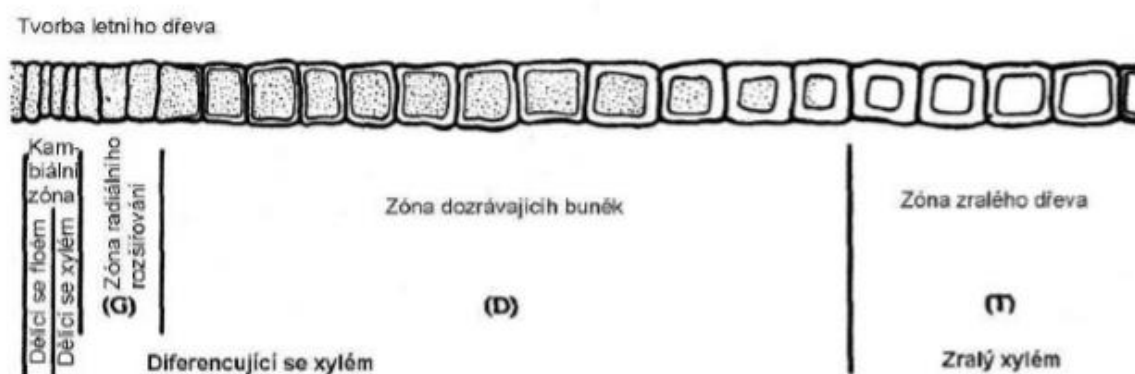
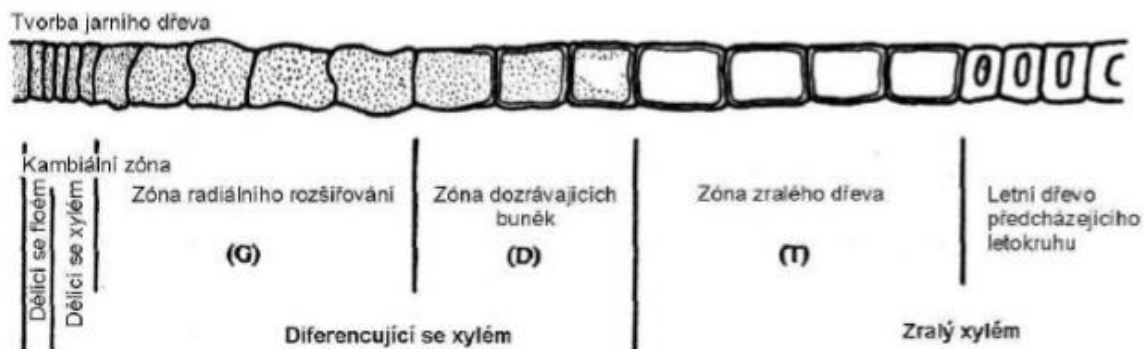
Většina dřevin mírného pásu roste periodicky v závislosti na ročním období, s růstem v jarním a letním období a období klidu v období zimním. Naproti tomu v tropických oblastech může být růst až nepřerušovaný (Philipson et al., 1971). V mírném pásu je kambium aktivní 4-6 měsíců v roce s maximální aktivitou od poloviny června do poloviny srpna (Požgaj et al., 1993).

Na počátku vegetačního období se vytváří nové buňky pozvolna, dochází k bobtnání kambia (zvětšování radiálního rozměru kambiálních buněk), řídnutí cytoplazmy a

zvětšování jádra (Gričar, 2012). Když je kambium úplně aktivováno, probíhá tvorba nových buněk rychleji (Gandelová et al., 2009).

### **3.2.3.2 Diferenciace xylému**

Diferenciací obecně rozumíme rozlišování původních meristemických buněk v buňky specializované pro určité orgány a funkce. Jedná se tedy o buňky diferencované, které mají rozdílnou strukturu a funkci (Procházka et al., 1998). Proces diferenciace anatomických elementů dřeva je složitý proces, který je ovlivňován mnoha vnějšími i vnitřními procesy – stanoviště, klima, genetické a regulační mechanismy dřeviny (Gandelová, Šlezingerová, 2014). Diferenciace má tři základní fáze, a to fázi embryonální, fázi radiálního rozšiřování a fázi dozrávání (Wodzicki, 1971). Podle (Požgaj et al., 1997) při embryonální fázi probíhá povrchový nebo plošný růst buněk do té doby, dokud se nevytvoří jejich stabilní a trvalý tvar. Druhá fáze je charakteristická sekundárním tloušťnutím buněčných stěn. V průběhu třetí fáze (zvané dozrávání) dojde k fixaci tvaru buněk vytvořením jednotlivých vrstev sekundární buněčné stěny, poté nastává její lignifikace, vyčerpává se cytoplazma a buňky postupně odumírají (Gandelová, Šlezingerová, 2014). Celková délka procesu diferenciace je 3 až 4 týdny. Při tomto procesu jsou všechny diferencované buňky živé (Požgaj et al., 1997).



Obr. 4: Tvorba jarního a letního dřeva

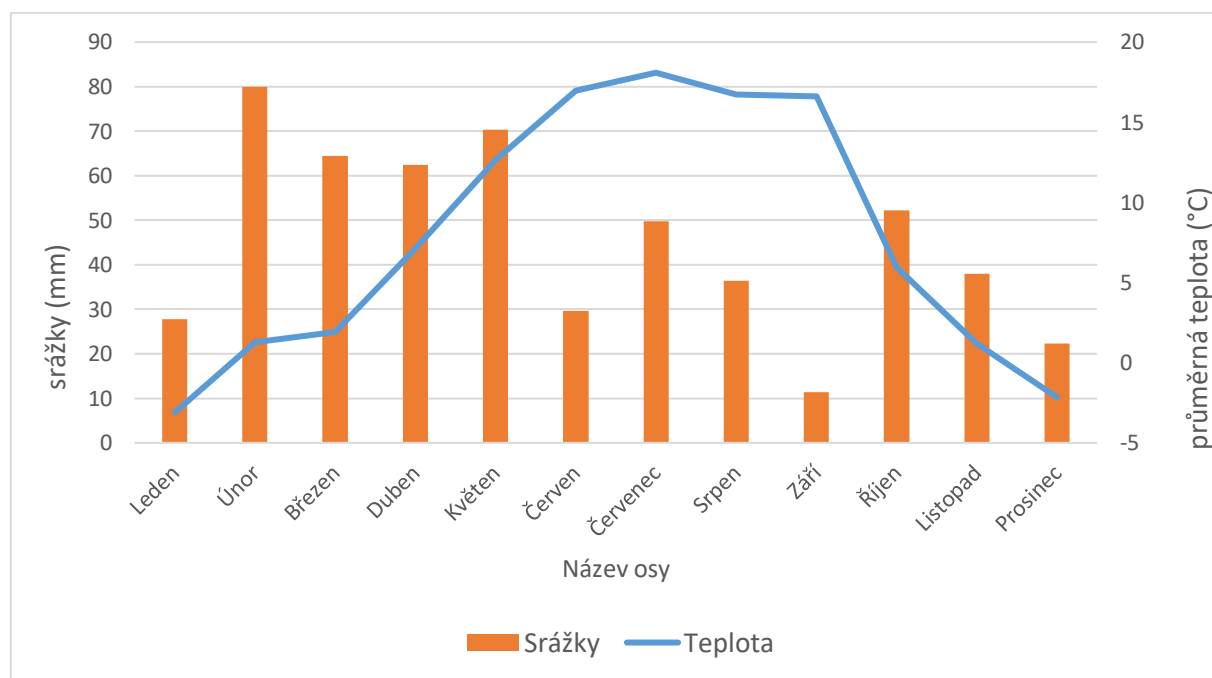
### 3.2.3.3 Faktory ovlivňující tvorbu xylému

Vývoj xylému je ovlivněn mnoha faktory, jež můžeme rozdělit na vnější (exogenní) a vnitřní (endogenní). Wodzicki, (1971) rozděluje vnější faktory na další dvě skupiny. Mezi základní exogenní faktory patří především teplota, radiace, délka fotoperiody a půdní vlhkost. Druhou skupinou jsou mimořádné abiotické a antropické faktory jako je vítr, mráz, požáry, povodně, defoliace, dopad znečištění ovzduší atd. Do skupiny endogenních faktorů patří především genetické dispozice dřeviny, jejich vitalita a věk, prostor pro pěst atd.

## 4 MATERIÁL A METODIKA

### 4.1 Lokalizace

Vzorky byly odebírány na výzkumné ploše Rájec-Němčice. Výzkumná plocha se nachází v nadmořské výšce 625 m n. m. Je zde severozápadní až jihozápadní expozice a maximální sklon je 5 %. Zeměpisná poloha je dána zeměpisnými souřadnicemi 49° 29' s. z. š. a 16° 43' v. z. d. Podloží je zde tvořeno granodioritem, a půdním typem je zde kambizem. Z typologického hlediska se tato lokalita řadí do skupiny lesních typů 5 K (kyselá jedlová bučina). Stromové patro se skládá ze smrkové monokultury staré přibližně 120 let (Horáček et al., 1996). Průběh teplot můžeme vidět na Obr. 5.



Obr. 5: Průběh teplot na výzkumné ploše Rájec-Němčice za rok 2016 znázorněný pomocí klimatodiagramu.

### 4.2 Odebírání vzorků

Na dané lokalitě byly náhodně vybrány tři vzrostlé stromy ve věku 90 let. První z nich má interní označení 7a/b. Výčetní tloušťka tohoto stromu je 40,5 cm. Druhý má označení 8a/b a výčetní tloušťku je 53,5 cm. Poslední je označen 9a/b a výčetní tloušťku má 32,7 cm.

Vzorky byly odebírány ze vzorníkových stromů smrku ztepilého ve vegetačním období 2016 do 31. 3. 2016 do 10. 11. 2016 pracovníky Ústavu nauky o dřevě. Vzorky byly odebírány periodicky každý týden, z každého stromu dva z protilehlých stran. Mikrovývrty o průměru 2 mm a průměrné délce byly odebírány pomocí mechanického nástroje s názvem Trepbor. Odebraný mikrovývrt byl následně ukládán do histologických kazetek, které byly popsány odpovídajícím popisem a umístěny do fixačního roztoku FAA.



*Obr. 6: Trepbor, přístroj pro odebírání mikrovývrtů*

### **4.3 Zkracování vzorků a označování příčného řezu.**

Ve fixačním roztoku FAA byly mikrovývrty ponechány po dobu jednoho týdne a následně uloženy v 50 % ethanolu. Takhle mohly vzorky zůstat do dalšího zpracování. Při následné manipulaci s těmito vzorky bylo vhodné, vzorky zkrátit na délku do 1 cm a pomocí risky značit příčný řez. Označený a zkrácený mikrovývrt byl následně vrácen do histologické kazetky a druhý rezervní vzorek uložen do plastové uzavíratelné lahvičky z 50 % etanolem.

### **4.4 Dehydratace vzorků**

Vzorky v popsáných kazetkách byly podrobeny procesu dehydratace a následné impregnaci parafínem. Dehydratace bylo docíleno pomocí ethanolové řady, u které postupně stoupala koncentrace ze 70 % až na 100 %. K tomuto procesu byl použit

tkáňový procesor LEICA TP 1020. Tkáňový procesor byl nastaven tak, aby po určité době přehodil vzorky z jedné chemické látky do jiné. Celkový proces dehydratace a impregnace trval 19,5 h. Takto připravené vzorky se umístily do vyhřáté sušárny na 60 °C a následně se po jednotlivě vytahovaly a v co nejrychlejší době zalévaly do parafínu.

Tab. 1: Ethanolová řada

Pozice	Látka	Doba (h)
1	Ethanol 70 %	2
2	Ethanol 70 %	1,5
3	Ethanol 90 %	1,5
4	Ethanol 90 %	1,5
5	Ethanol 95 %	1,5
6	Ethanol 100 %	1,5
7	Ethanol 100 %	1,5
8	Bio Clear	1,5
9	Bio Clear	1,5
10	Bio Clear	1,5
11	Parafín	2
12	Parafín	2

#### 4.5 Výroba parafínových vzorků

Kvůli lepší manipulaci při výrobě trvalých preparátů je nutné z odebraných vzorků vyrobít parafínové bločky. Výroba parafínových bloček spočívala v zalévání mikrovývrtnů roztaveným parafínem v plechových formičkách. Ke tvorbě parafínových bloček byl použit speciální dispensor LEICA EG 1120. Dispensor zahřívá parafín na požadovanou teplotu, konkrétně 60 °C, při které má parafín potřebné vlastnosti. Součástí dispensoru je dále vyhřívána pinzeta LEICA EG F, která slouží k umístování vzorků do plechových formiček. Bylo důležité, aby vše bylo vyhřáté na teplotu 60 °C a nedocházelo k zatuhování vosku. Vlastní proces zalévání probíhal tak, že se do formiček napustilo malé množství vosku, do kterého se uložil připravený mikrovývrt. Umístění vzorku bylo velice důležité. Vzorky se umísťovaly označenou ryskou nahoru a úhlopříčně ve formičce. Takto uchycený vzorek se opatrně schladil v připravené kádince se studenou vodou, ale

jen tak aby došlo k přichycení vzorku ke dnu formičky. Následně se formička dolila po okraj parafínem a přiklopila se kazetkou s označením vzorku a doplnila se parafínem. Takto připravené formičky byly umístěny do lednice, dokud neztuhly. Vzorky z lednice šli lépe vytahovat z formiček než ty, co měly pokojovou teplotu.

#### **4.6 Úprava bločků a trimování**

Po vyjmutí se parafín ještě ořezal tak, aby byl vzorek uprostřed plochy a plocha byla co nejmenší. Důvodem je zmenšení plochy pro snadnější krájení na mikrotomu. Dále bylo potřeba vzorky zatrimovat. Zatrimováním se rozumí odstranění přebytečného parafínu a několik prvních vrstev vzorku. Takto připravené vzorky byly na 24 hodin vloženy do kádinky s destilovanou vodou, aby došlo k dostatečnému změkčení vzorků, za účelem usnadnění následného krájení mikroskopických řezů.

#### **4.7 Krájení mikroskopických řezů**

Ke krájení mikroskopických řezů byl použit mikrotom LEICA RM 2245. Mikrotom je vybaven svěřacím stojanem pro uchycení histologických kazetek. Pomocí rotačních pohybů postranní rukojeti byl vzorek posunován blíže ke krájecí čepelce a následně opakovanými řezy vytvořen souvislý pás (tvořen 3 až 5 mikrovýrty) určených k následné preparaci. Tloušťka jednotlivých mikrořezů byla nastavena na 12  $\mu\text{m}$ .

Takto připravené pásy mikrořezů byly opatrně přeneseny na vodní hladinu nejprve studené a poté teplé vody zahřáté na 40°C. Takto přehřátá voda měla zajistit narovnění plochy mikrořezů. Dále byly nutné umístit pás mikrořezů na podložní sklo s vrstvou albuminu. Takto připravené vzorky byly následně umístěny na 30 minut do sušárny vyhřáté na teplotu 70 °C.

## **4.8 Barvení Safraninem a Astra blue**

Před výrobou trvalých preparátů bylo nutné si vzorky obarvit. Během tohoto procesu museli vzorky projít tzv. ethanolovou řadou. Vzorky byly naskládány do drážkovaných plastových nosičů po 12 kusech. Plastové nosiče se vzorky se postupně vkládaly do jednotlivých plastových kontejnerů s příslušnými chemickými látkami. Nejprve byly vzorky ponořeny do Biocleru což mělo za následek rozpuštění vosku. Následně byly vloženy do 96 % ethanolu kvůli dehydrataci a po 30 minutách přemístěny do roztoku barviv, Safraninu a Astra blue. Safranin obarvuje načerveno pouze buňky které jsou lignifikované a Astra blue obarvuje domodra buňky nelignifikované. Z barviv bylo ještě zapotřebí vzorky opláchnout v ethanolu, aby se vzorky neprobarvily.

## **4.9 Zavírání krycím sklíčkem**

Obarvené vzorky s mikrořezy byly zakápnuty optimálním množstvím euparalu tak, aby při překrytí krycím sklíčkem byl euparal po celé styčné ploše. Krycí sklíčko bylo postupně sklápěno pomocí jehly tak, aby se nám ve vzorku nevytvořily bublinky. Následně byly vzorky přemístěny na kovovou podložku s filtračním papírem a zatíženy magnety. Takto zafixované vzorky se nechaly tak dlouho dokud euparal zcela nezatuhl. U vzorků, u kterých bylo euparalu nadbytek, bylo nutné přebytky odstranit.

## **4.10 Mikroskopické vyhodnocování vzorků**

Vzorky byly vyhodnocovány pomocí mikroskopu LEICA DMLS, vybaveného digitální kamerou LEICA DFC 280. Při pořizování snímků bylo použito zvětšení o hodnotě 5×. U každého mikroskopického preparátu byly počítány zcela zralé buňky, buňky ve fázi dozrávání, buňky postkabiálního růstu a buňky kambia. Následně byl vzorek vyfocen a pomocí programu ImageJ byl změřen celkový přírůstek letokruhu. Naměřená data byla ukládána do programu Microsoft Office Excel 2013, kde byla dále zpracována a graficky vyhodnocována.



## 4.11 Gompertzova funkce

Naměřené hodnoty všech stromů byly analyzovány pomocí Gompertzovy funkce. Jedná se o model matematické funkce, který zachycuje průběh radiálního přírůstu v dané časové řadě a funguje i jako predikce předpokládaného radiálního přírůstu dřeva v následujícím období. Gompertzova funkce nám znázorňovala průběh přirůstání u jednotlivých stromů. Gompertzova funkce je definována následující rovnicí:

$$y = A \exp[-\exp(\beta - kt)]$$

kde

y – rostoucí hodnota přírůstů po týdnech

t – den v roce

A – horní asymptota, znázorňující maximální hodnotu denního přírůstu

B – umístění na ose x, udávající umístění parametru

k – inflexní bod na přímce

Program pro použití této funkce byl SigmaPlot 11.2.0, konkrétně to byl TableCurve 2D v 5.01. Tento program data vyhodnotil pomocí Gompertzovy funkce a stanovil průběh křivky matematického modelu všech naměřených dat.

## 5 VÝSLEDKY

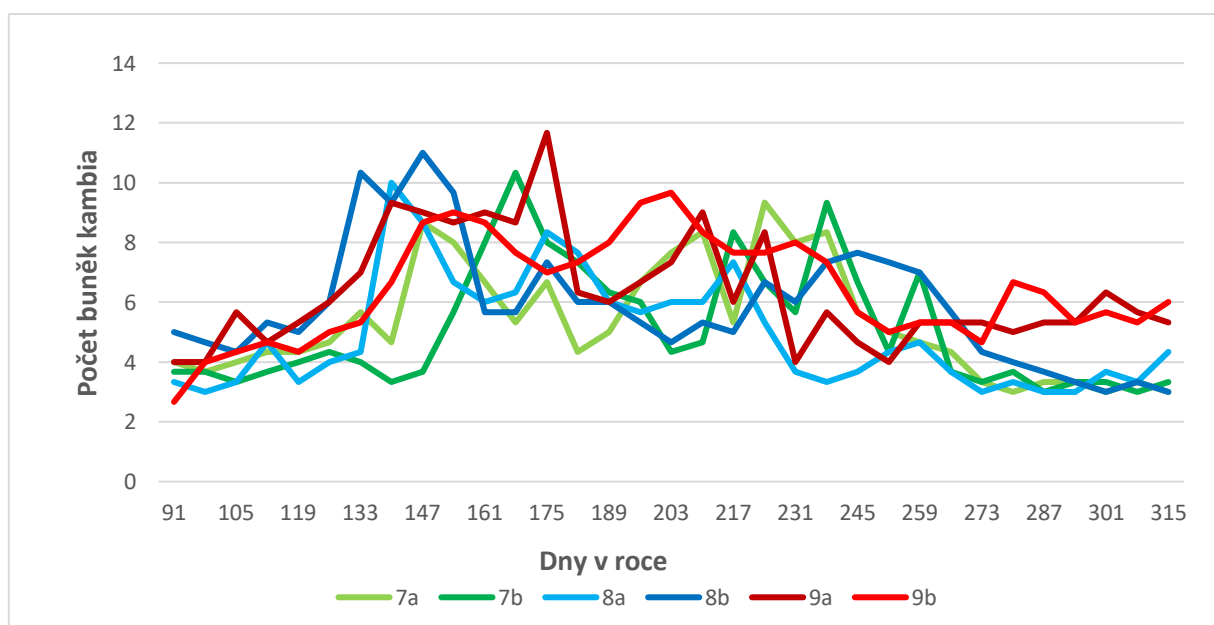
### 5.1 Kambiální aktivita

Při prvním periodickém odběru se nacházely všechny stromy v dormanci. V době nečinnosti se v kambiální zóně nacházelo 3 až 6 buněk kambia. Jako začátek kambiální aktivity byl stanoven okamžik, kdy došlo ke změně počtu kambiálních buněk. Začátek kambiální aktivity se příliš nelišil. U vzorníků 7a, 7b, 8b, 9a, 9b byl stanoven na 12. května při průměrné denní teplotě 13,2 °C. Pouze u vzorku 8a byl 5. května při 10,4 °C. Z klimatodiagramu je patrné zvýšení průměrné denní teploty o 10 stupňů během jednoho týdne.

Tab. 2: Začátek kambiální aktivity

Vzorník	7a	7b	8a	8b	9a	9b
Začátek kambiální aktivity	12. 5.	12. 5.	5. 5.	12. 5.	12. 5.	12. 5.
Počet buněk kambia	6	4	4	10	7	5,3
Průměrná denní teplota	13,2 °C	13,2 °C	10,4 °C	13,2 °C	13,2 °C	13,2 °C

Vývoj počtu buněk kambia v čase je u všech stromů přibližně stejný. Zásadní rozdíl je na konci kambiální aktivity. Zatímco u stromů 7 a 8 klesá počet kambiálních buněk na 3, u stromu číslo 9 jich zůstává 6. Největší kambiální aktivita byla zaznamenána u vzorku 9a kde bylo 26. května 12 kambiálních buněk.



Obr. 7: Počet buněk kambia během vegetačního období

Okamžik, kdy mělo kambium maximální počet buněk se u jednotlivých vzorníků značně lišil. Nejvyšší počet kambiálních buněk bylo vytvořeno u 9a 23. června. U vzorníku 7a byl maximální počet dosažen 11. srpna, u 7b to bylo 16. června, u 8a 19. května, u 8b to bylo 26. května a u 9b 21. července.

Tab. 3: Maximální počty kambiálních buněk

Vzorník	7a	7b	8a	8b	9a	9b
Maximální počet kambiálních buněk	9,3	10,3	10	11	11,6	9,6
Datum	11. 8.	16. 6.	19. 5.	26. 5.	23. 6.	21. 7.
Průměrná denní teplota	10,8 °C	17,8 °C	12,5 °C	14,2 °C	22,6 °C	18,7 °C

Délka kambiální aktivity se mezi jednotlivými vzorníky lišila o 21 dní. Nejkratší dobu kambiální aktivity měl vzorník 8a a nejdelší byla u 7b. Doba kambiální aktivity jednotlivých vzorků je uvedena v Tab.4.

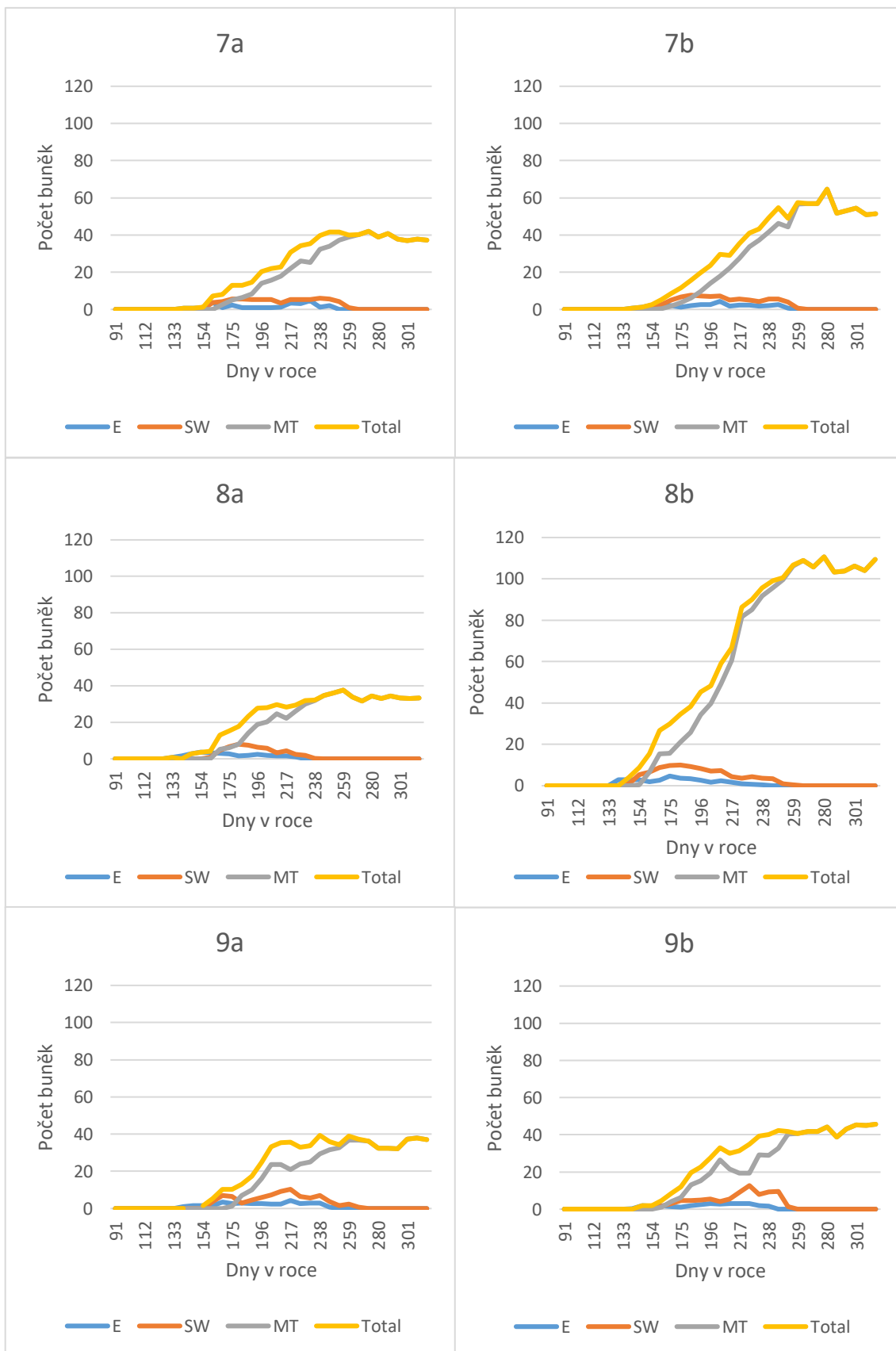
Tab. 4: Délka kambiální aktivity

Vzorník	7a	7b	8a	8b	9a	9b
Délka kambiální aktivity	119 dní	126 dní	105 dní	119 dní	119 dní	112 dní

Konec kambiální aktivity se u jednotlivých vzorníků výrazně lišil. Nejprve ukončil kambiální aktivitu vzorník 8a 18.srpna, následně vzorníky 8b a 9b a to 1. září, potom vzorníky 7a a 9a a to 8. září a nakonec vzorník 7b a to 15. září.

## 5.2 Diferenciace tracheid

Jednotlivé fáze diferenciace tracheid jsou znázorněny na Obr. 8, kde vidíme kolik bylo buněk v určitých fázích ke konkrétnímu dni.



Obr. 8: Fáze diferenciace tracheid jednotlivých stromů, E - fáze radiálního rozšiřování, SW - fáze dozrávání, MT - fáze zralých buněk, Total - celkový počet buněk

### 5.2.1 Fáze radiálního rozšiřování buněk

Radiální rozšiřování bylo jako první pozorované u vzorníku 8a dne 12. května. U ostatních vzorníků tato fáze nastala o týden později. Konec radiálního rozšiřování byl více variabilní. Jako první tuto fázi ukončil vzorník 8a 11. srpna. Do 8. září byla tato fáze ukončená u všech vzorníků. Doba trvání této fáze je uvedena v Tab. 5.

Tab. 5: Fáze radiálního rozšiřování u jednotlivých vzorníků

Vzorník	7a	7b	8a	8b	9a	9b
Počátek fáze	19. 5.	19. 5.	12. 5.	19. 5.	19. 5.	19. 5.
Konec fáze	1. 9.	8. 9.	11. 8.	18. 8.	1. 9.	25. 8.
Doba trvání fáze	105 dní	112 dní	91 dní	91 dní	105 dní	98 dní

### 5.2.2 Fáze dozrávání buněk

Fáze dozrávání buněk neboli sekundárního tloušťnutí byla nejdříve pozorována u vzorníku 8b dne 26. května. Během následujících čtrnácti dní měl každý se vzorníků minimálně jednu buňku v této fázi. Ukončení fáze dozrávání mělo obdobný průběh jako u předchozí fáze. Nejprve byla ukončena u vzorníku 8a a v průběhu následujících 21 dní byla ukončena u všech vzorníků. Doba trvání této fáze je uvedena v Tab. 6.

Tab. 6: Fáze dozrávání buněk u jednotlivých vzorníků

Vzorník	7a	7b	8a	8b	9a	9b
Počátek fáze	2. 6.	2. 6.	2. 6.	26. 5.	9. 6.	2. 6.
Konec fáze	15. 9.	22. 9.	25. 8.	15. 9.	22. 9.	8. 9.
Doba trvání fáze	105 dní	115 dní	91 dní	112 dní	105 dní	98 dní

### 5.2.3 Fáze zralých buněk

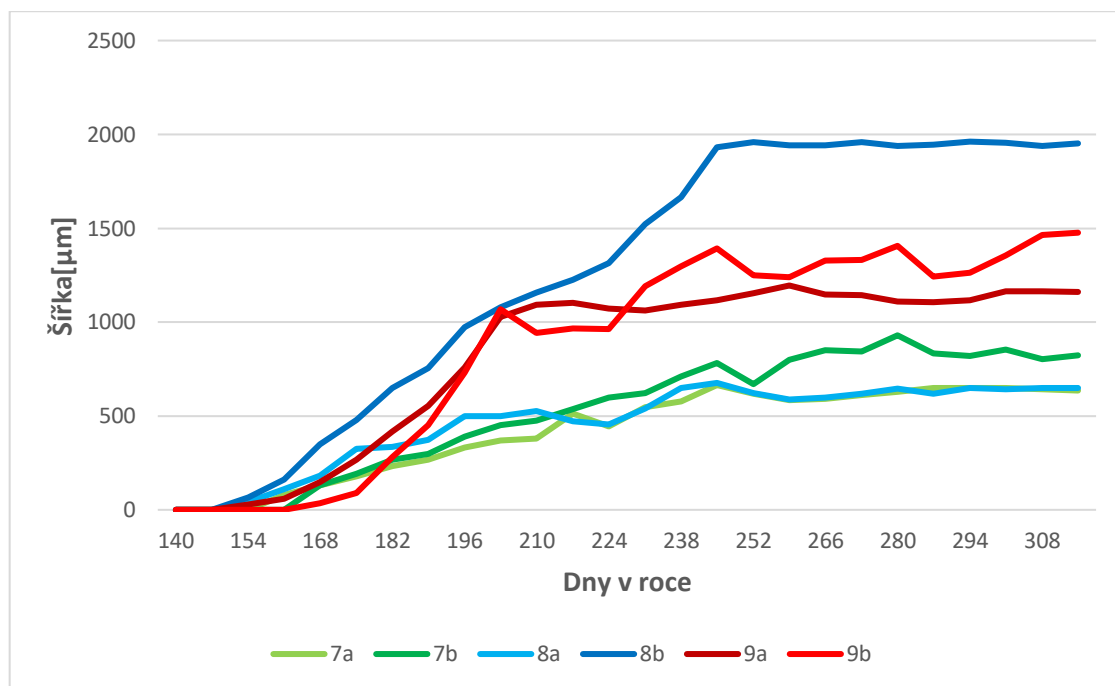
První zralá buňka byla pozorována 2. června. u vzorníku 8b. Do 23. června byla alespoň jedna buňka plně lignifikovaná u všech vzorníků. Doba trvání této fáze u jednotlivých vzorníků je uvedena v Tab. 7.

Tab. 7: Fáze zralých buněk u jednotlivých vzorníků

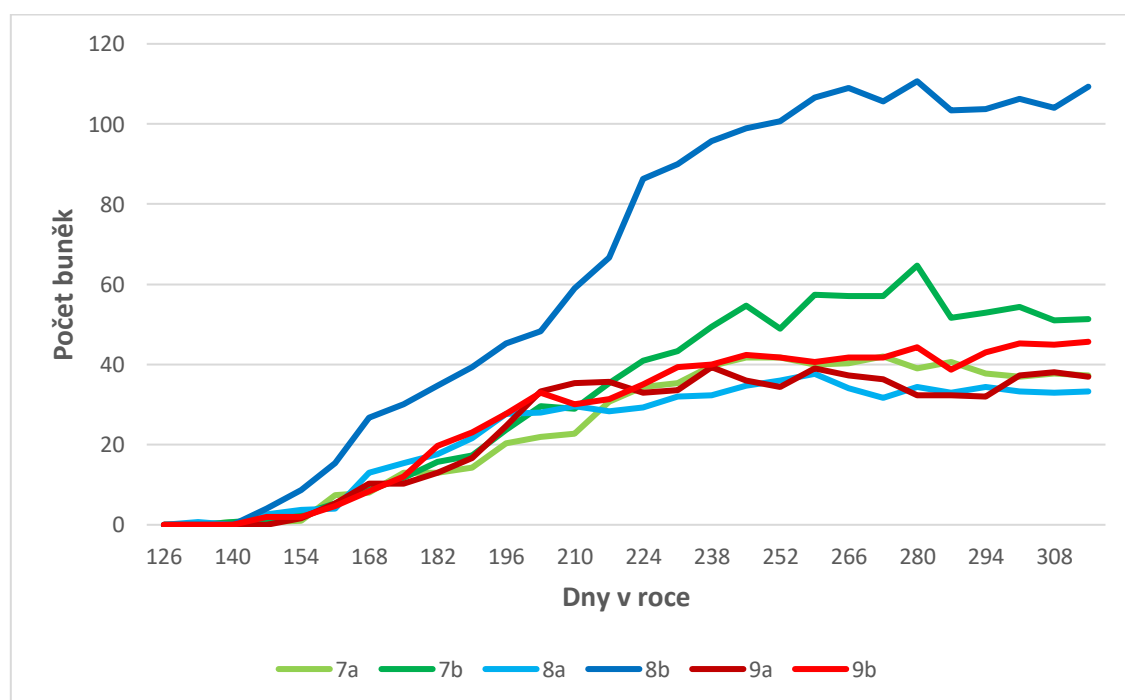
Vzorník	7a	7b	8a	8b	9a	9b
Počátek fáze	16. 6.	9. 6.	16. 6.	2. 6.	23. 6.	9. 6.
Konec fáze	22. 9.	22. 9.	1. 9.	22. 9.	29. 9.	15. 9.
Doba trvání fáze	98 dní	105 dní	77 dní	112 dní	98 dní	98 dní

### 5.3 Celkový roční přírůst

Největší roční přírůst byl u vzorníku 8b u kterého se za vegetační období vytvořilo 109,3 buněk. Nejmenší počet buněk se vytvořil u vzorníku 8a kde se vytvořilo 33,3 buněk. Šířka letokruhu byla u vzorníku číslo 8b 1953,1  $\mu\text{m}$  a u 8a 648  $\mu\text{m}$ .



Obr. 9: Šířka vytvořeného letokruhu ( $\mu\text{m}$ )



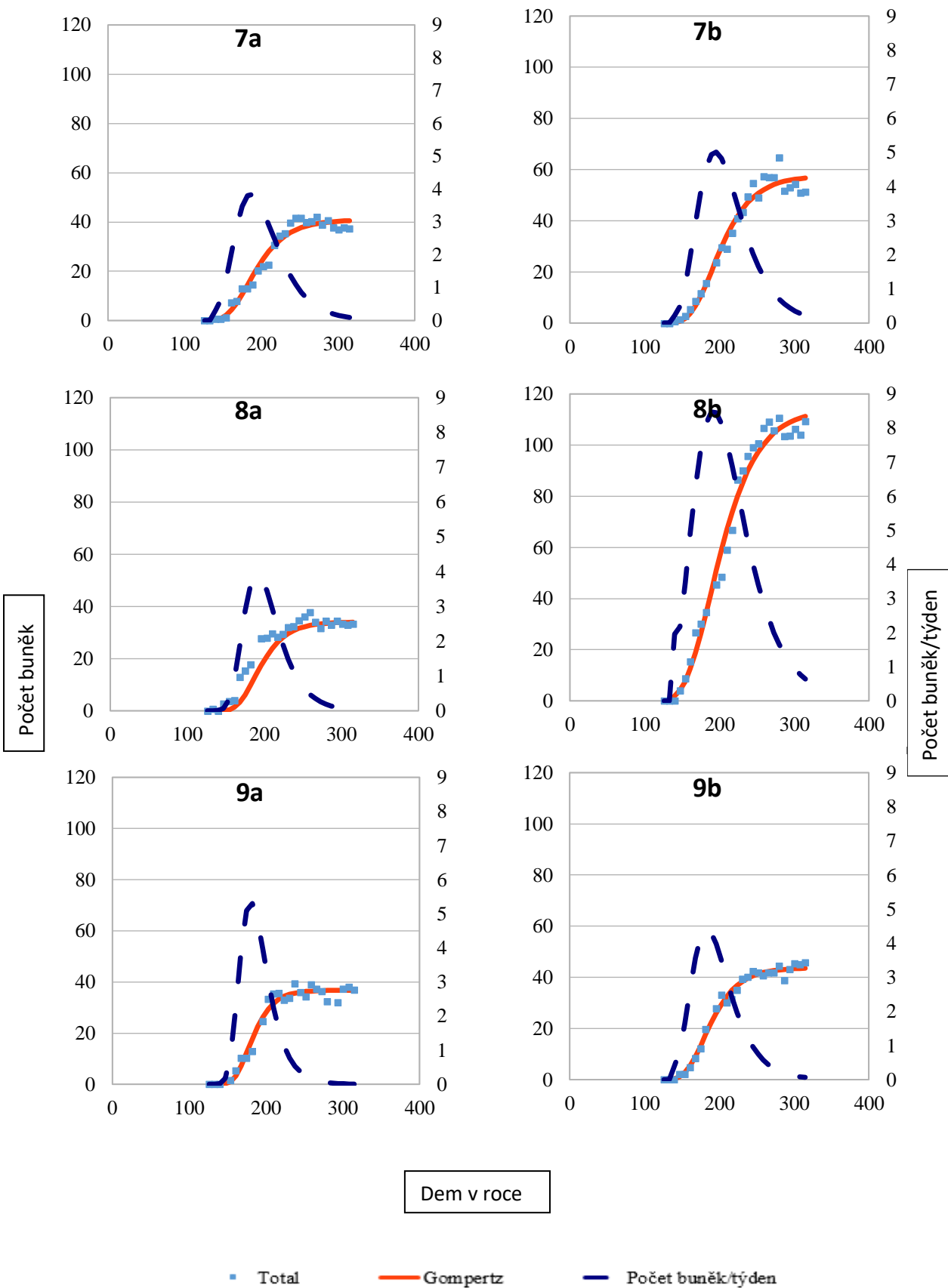
Obr. 10: Počet vytvořených buněk

## 5.4 Aplikace Gompertzovy funkce

Z důvodu rozkolísanosti naměřených dat celkového přírůstu xylému, byla použita Gompertzova funkce. Gompertzova funkce stanovila maximální hodnoty přírůstu. Celkový počet tracheid jednotlivých tracheid byl značně variabilní a pohyboval se od 34 u vzorníku 8a, až po 114 u vzorníku 8b. Jednotlivé rovnice, používané v Gompertzově funkci jsou uvedené v Tab. 8.

Tab. 8: Rovnice Gompertzovy funkce pro jednotlivé stromy

Vzorník	Gompertzova funkce
7a	$40,813153 \cdot e^{-e^{6,7381293 - 0,03681351 \cdot t}}$
7b	$57,528136 \cdot e^{-e^{6,477712 - 0,033974667 \cdot t}}$
8a	$34,054937 \cdot e^{-e^{8,4042283 - 0,04919990 \cdot t}}$
8b	$114,10394 \cdot e^{-e^{5,4617215 - 0,02899055 \cdot t}}$
9a	$36,78098 \cdot e^{-e^{9,9941124 - 0,056629742 \cdot t}}$
9b	$43,759856 \cdot e^{-e^{7,0874771 - 0,03947559 \cdot t}}$



Obr. 11: Gompertzova funkce pro jednotlivé vzroníky



## 5.5 Srovnání jednotlivých stromů

U stromu s pracovním označením 8 začala kambiální aktivita ve stejnou dobu a nijak podstatně se nelišil ani průběh dalších fází. Celkový počet buněk vytvořených na protilehlých stranách byl rozdílný. Na straně b se vytvořilo o 16,7 buněk více než na straně a. Šířka letokruhu se lišila o 111,4  $\mu\text{m}$ .

U stromu s pracovním označením 8 byly největší rozdíly. Zásadní rozdíl je především v počtu vytvořených buněk a v šířce vytvořeného letokruhu. Zatímco na straně a se vytvořilo pouze 34 buněk o celkové šířce 648  $\mu\text{m}$ , na straně b to bylo 114,1 buněk při šířce 1953,1  $\mu\text{m}$ .

U stromu s pracovním označením 9 byly rozdíly nejmenší. Začátek kambiální aktivity byl ve stejnou dobu, i průběh jednotlivých fází byl obdobný. Na straně a se vytvořilo 36,8 buněk při celkové šířce 1135,4  $\mu\text{m}$  a na straně b se vytvořilo 43,8 buněk při celkové šířce 1331,9  $\mu\text{m}$ .

Tab. 9: Přehledová tabulka naměřených hodnot

Strom	7		8		9	
	7a	7b	8a	8b	9a	9b
Začátek fáze kambiální aktivity	12. 5.	12. 5.	5. 5.	12. 5.	12. 5.	12. 5.
Konec fáze kambiální aktivity	1. 9.	8. 9.	11. 8.	18. 8.	1. 9.	25. 8.
Doba trvání fáze kambiální aktivity	119 dní	126 dní	105 dní	119 dní	119 dní	112 dní
Začátek fáze radiálního rozšiřování buněk	19. 5.	19. 5.	12. 5.	19. 5.	19. 5.	19. 5.
Konec fáze radiálního rozšiřování buněk	1. 9.	8. 9.	11. 8.	18. 8.	1. 9.	25. 8.
Doba trvání fáze rozšiřování buněk	105 dní	112 dní	91 dní	91 dní	105 dní	98 dní
Začátek fáze dozrávání buněk	2. 6.	2. 6.	2. 6.	26. 5.	9. 6.	2. 6.
Konec fáze dozrávání buněk	15. 9.	22. 9.	25. 8.	15. 9.	22. 9.	8. 9.
Doba trvání fáze dozrávání buněk	105 dní	115 dní	91 dní	112 dní	105 dní	98 dní
Začátek fáze zralých buněk	16. 6.	9. 6.	16. 6.	2. 6.	23. 6.	9. 6.

Konec fáze zralých buněk	22.9.	22.9.	1.9.	22.9.	29.9.	15.9.
Doba trvání fáze zralých buněk	98 dní	105 dní	77 dní	112 dní	98 dní	98 dní
Celkový počet vytvořených buněk	40,8	57,5	34	114,1	36,8	43,8
Celková šířka letokruhu	668 $\mu\text{m}$	779,4 $\mu\text{m}$	648 $\mu\text{m}$	1953,1 $\mu\text{m}$	1135,4 $\mu\text{m}$	1332 $\mu\text{m}$

## 6 DISKUZE

Počet kambiálních buněk v dormantním stavu na lokalitě Rájec-Němčice v roce 2016 byl 3 až 6. Podle literatury (Gryc et al., 2011) na této lokalitě bylo v roce 2009 u smrku ztepilého 3 až 6 kambiálních buněk. Někteří autoři (Gričar, 2007) uvádí, že v Sorško polje (350 m n. m.) kambium obsahovalo 6 až 7 buněk. Podle (Larson, 1994) je počet buněk v dormantním stavu závislý na mnoha faktorech. Závisí především na druhu dřeviny, věku dřeviny, zdravotnímu stavu dřeviny, nadmořské výšce, úživnosti stanoviště atd. Přestože (Larson, 1994) uvádí, že nadmořská výška má vliv na počet buněk v době dormance, tak naměřená data vychází srovnatelná s literaturou.

Stanovení přesného počátku kambiální aktivity je značně problematické. Na aktivaci kambia se výrazně podílí klimatické faktory především teplota srážky a radiace. Podle (Horáčka et al., 1999) je hlavním faktorem ovlivňující počátek kambiální aktivity teplota vzduchu. V rámci výzkumu byl počátek kambiální aktivity stanoven od 5. května do 12. května při průměrné denní teplotě 10,3 °C. Z klimatických dat je patrné, že týden před začátkem kambiální aktivity nastal vzestup teplot cca o 10 °C. Z toho lze usoudit, že teplota vzduchu je zásadní faktorem ovlivňující počátek kambiální aktivity. Ukončení kambiální aktivity započalo již 18. srpna a do 15. září byla ukončena u všech vzorníků. V tomto období se teploty nijak zásadně neměnily.

Co se týče radiálního rozšiřování tak první buňka byla spatřena 12. května a do 19. května byla alespoň jedna vytvořena u všech vzorníků. Podle (Gričar, 2007) se první buňka xylému ve fázi radiálního rozšiřování vytváří 1 až 2 týdny po aktivaci kambia, což se shoduje s naměřenými daty. Fáze dozrávání buněk nastala u vzorníku 8a již 26. května a do 9. června byla tato fáze pozorována alespoň jedna buňka u všech vzorníků. Někteří autoři (Vavrčík et al., 2013) uvedli, že v roce 2009 se sekundární buněčná stěna začala tvořit po 3 týdnech od počátku tvorby xylémových buněk, což koresponduje s našimi výsledky.

Nejvyšší počet vytvořených buněk během jednoho dne byl u vzorníku 8b a to 1,2 buňky. U ostatních vzorníků byl maximální denní přírůst zhruba stejný, a to v rozmezí od 0,4 do 0,6 buňky. Gričar, (2007) uvádí, že dynamika buněčného dělení u testovaných stromů na lokalitě v Pokljuce byla průměrně 0,68 buněk za den a v Sorško polje 0,5 buněk za den. Údaje zjištěné z literatury odpovídají mým naměřeným hodnotám pouze u vzorníku 8b jsou tyto hodnoty dvojnásobné.

Celková šíře přírůstu se taky značně lišila. Rozpětí šířky letokruhu je od 649  $\mu\text{m}$  do 1953  $\mu\text{m}$ . Takto velký rozdíl je především kvůli stromu s pracovním označením 8, kde se strany zásadně lišily. Tento výrazný rozdíl není zcela jasný. Může to být způsobeno odcloněním stromu ze strany b což způsobilo takhle vysoký přírůst. Další možností je že strom je ze strany b napaden hnilobou a tímhle způsobem se snaží bránit. Přesná příčina nebyla odhalena. Šíře přírůstu byla stanovena i počtem buněk. Nejméně se vytvořilo u vzorníku 8a kde se vytvořilo 34 buněk a nejvíce u 8b kde se jich vytvořilo 114. Gričar, (2007) uvedla, že v roce 2003 byla konečná šířka xylému u vzorků z Pokljuky (1200 m n. m.) 42 vrstev a u vzorků ze Sorško polje (350 m n. m.) 26 vrstev buněk. Podle literatury (Lupi et al., 2014) se na lokalitě BER (611 m n. m.) se vytvořilo průměrně 24 buněk a na lokalitě SIM (350 m n. m.) 42 buněk. Průměrná hodnota, která byla stanovena na 54,5 buněk značně převyšuje data zjištěná z literatury. Je to především z důvodu vysokého počtu buněk ve vzorníku 8b.

## 7 ZÁVĚR

Naměřené hodnoty u smrku ztepilého (*Picea abies* (L.) Karst.) se příliš neliší od dat nalezených v literatuře. Největší rozdíly mezi místy odběru (a, b) byly u stromu s pracovním označením 8, kde na místě odběru se vytvořilo 3x více buněk než na straně a. Strana b se odlišovala i od hodnot zjištěných z prací zaměřené na podobné téma.

Ukončení stádia dormance bylo stanoveno na první polovinu května při průměrné denní teplotě 10 °C, kdy byl počet buněk v kambiální zóně v rozmezí 3–6 vrstev buněk kambia. V době nejvyšší aktivity se počet buněk vytvořených za den pohyboval v rozmezí 0,4 – 1,2 buňky za den. Celková šířka letokruhu vytvořeného za vegetační období byla od 649 µm do 1953 µm. Počet vytvořených vrstev tracheid byl v rozmezí 34–114 buněk.

Jedná se o základní výzkum, který má za úkol pochopit mechanismy tvorby xylému v kmeni a jejich ovlivnění různými faktory. Tento výzkum není ještě na takové úrovni, aby měl přímý přínos pro lesnickou praxi. Při pokračování tohoto výzkumu by se výsledky daly aplikovat například při pěstebních zásazích.

## 8 SUMMARY

Measured values for spruce spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) Are not very different from those found in the literature. The largest differences between the sampling points (a, b) were in the tree with the work designation 8, where 3x more cells were created at the sampling point than at the a side. Page b was also different from the values found from works on a similar topic.

The termination of the dormancy stage was determined for the first half of May at an average temperature of 10 ° C when the number of cells in the cambial zone ranged from 3-6 layers of cubic cells. At peak activity, the number of cells per day ranged from 0.4 to 1.2 cells per day. The total width of the annular ring produced during the growing season was from 649 µm to 1953 µm. The number of tracheid layers formed was in the range of 34-114 cells.

This is a basic research, which aims to understand the mechanisms of xyloma formation in the trunk and their influence by various factors. This research is not yet at such a level as to have direct benefits for forestry practice. With the continuation of this research, the results could be applied, for example, in growing interventions.

## 9 LITERATURA

**GANDELOVÁ, L., HORÁČEK, P., ŠLEZINGEROVÁ, J.**, 2004: Nauka o dřevě. 2. vyd. MZLU v Brně. 184 s. IBSN 80-7157-577-1

**GRÍČAŘ, J., ČUFAR, K.**, 2008. Seasonal dynamics of phloem and xylem formation in silver fir and Norway spruce as affected by drought. *Russian J. Plant Physiol.* 55(4): 538–543 s.

**GRÍČAŘ, J.**, 2012. Cambial Cell Production and Structure of Xylem and Phloem as an Indicator of Tree Vitality. *Sustainable Forest Management-Current Research*:112–134 s.

**GRÍČAR, J.**, 2007. Xylo-and phloemogenesis in Silver fir (*Abies alba* Mill.) and Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). 1. vyd. Ljubljana: Slovenian Forestry Institute. 106 s. ISBN 978-961-6425-33-9.

**GRYC, V., VAVRČÍK, H., VICHROVÁ, G.**, 2010. Monitoring tvorby dřeva na buněčné úrovni u smrku ztepilého. *Lesnická práce*, 11: 24–25 s.

**GRYC, V., VAVRČÍK, H., HORN, K.**, 2011. Density of juvenile and mature wood of selected coniferous species. *Journal of Forest Science*, 57 (3). 123–130.

**HORÁČEK, P., ŠLEZINGEROVÁ J., GANDELOVÁ L.** 1996. Ecophysiology of xylogenesis - interpretation of cambial activity and xylem development. In: *Ecological and physiological aspects of xylogenesis in conifers. IUFRO S2.01.10. Conference, Krasnoyarsk 1996*, 143–146 s.

**HORÁČEK, P., ŠLEZINGEROVÁ J., GANDELOVÁ L.** 2003. Analysis of cambial activity and formation of wood in *Quercus robur*. *Journal of Forest Science*. sv. 49, c. 9, 412–418 s.

**KREMER, B. P.**, 1995. *Stromy*. Praha, nakladatelství Ikar, 287 s. ISBN 80-85830-92-2.

**LARSON, P. R.**, 1994. *The vascular cambium: development and structure*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. 725 s Heidelberg, New York. 725 s.

**LUPI, C. -- ROSSI, S. -- VIEIRA, J. -- MORIN, H. -- DESLAURIERS, A.** 2014. Assessment of xylem phenology: a first attempt to verify its accuracy and precision. *Tree*

physiology: an international botanical journal. 2014. sv. 34, č. 1, s. 87--93. ISSN 0829 318X.

**MATOVÍČ, A.** 1988. Nauka o dřevě. Vysoka škola zemědělská, 159 s.

**MUSIL, I., HAMERNÍK, J.,** 2007: Jehličnaté dřeviny, lesnická dendrologie 1. Praha: Academia. 352 s. ISBN 978-80-200-1567-9.

**PHILLIPSON, W. R., WARD, J. M., BUTTERFIELD, B. C.,** 1971. The vascular cambium – its development and activity. Chapman and Hall Ltd, London. 122 s.

**PROCHÁZKA, S.,** et al., 1998. Fyziologie rostlin. Academia Praha. 484 s.

**ROSSI, S.,** 2003. Application of the Gompertz equation for the study of xylem cell development. Dendrochronologia. sv. 21, č. 1, s. 33--39. ISSN 1125-7865.

**ÚRADNÍČEK, L. ET AL.,** 2014. Dendrologie (Společenstva a významné dřeviny ČR). Brno: Mendelova univerzita v Brně. 144 s. ISBN 978-807509-181-9.

**ÚRADNÍČEK, L., MADĚRA, P. ET AL.,** 2009. Dřeviny České republiky. Písek: Matice lesnická. 367s. ISBN 978-80-87-154-62-5.

**VALIN, S., I.,** 1955. Nauka o dřevě. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury. 428 s

**VAVRČÍK H., ET AL.,** 2002. Anatomická stavba dřeva. Multimediální výukový systém, verze 1.04b. Brno, MZLU

**WODZICKI, T. J.,** 1971. Mechanism of xylem differentiation in *Pinus sylvestris*. L. J. Exp. Botany. 22 (72), pp. 670–687 s.



## 9 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Anatomická stavba jehličnatého dřeva .....	14
Obr. 2: Makroskopická stavba smrkového dřeva na základních řezech .....	15
Obr. 3: Mikroskopická stavba smrkového dřeva na základních řezech při zvětšení 40x .....	15
Obr. 4: Tvorba jarního a letního dřeva .....	19
Obr. 5: Průběh teplot na výzkumné ploše Rájec-Němčice za rok 2016 .....	20
Obr. 6: Trephor, přístroj pro odebrání mikrovýrtů .....	21
Obr. 7: Počet buněk kambia během vegetačního období .....	26
Obr. 8: Fáze diferenciací tracheid jednotlivých stromů .....	28
Obr. 9: Šířka vytvořeného letokruhu ( $\mu\text{m}$ ) .....	30
Obr. 10: Počet vytvořených buněk .....	30
Obr. 11: Gompertzova funkce pro jednotlivé vzorníky .....	32

## 10 SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Ethanolová řada .....	22
Tab. 2: Začátek kambiální aktivity .....	26
Tab. 3: Maximální počty kambiálních buněk .....	27
Tab. 4: Délka kambiální aktivity .....	27
Tab. 5: Fáze radiálního rozšiřování u jednotlivých vzorníků .....	29
Tab. 6: Fáze dozrávání buněk u jednotlivých vzorníků .....	29
Tab. 7: Fáze zralých buněk u jednotlivých vzorníků .....	29
Tab. 8: Rovnice Gompertzovy funkce pro jednotlivé stromy .....	31
Tab. 9: Přehledová tabulka naměřených hodnot .....	33

## 11 PŘÍLOHY



Příloha 1: Vzorníkové stromy



Příloha 2: Tkáňový procesor LEICA TP 1020.



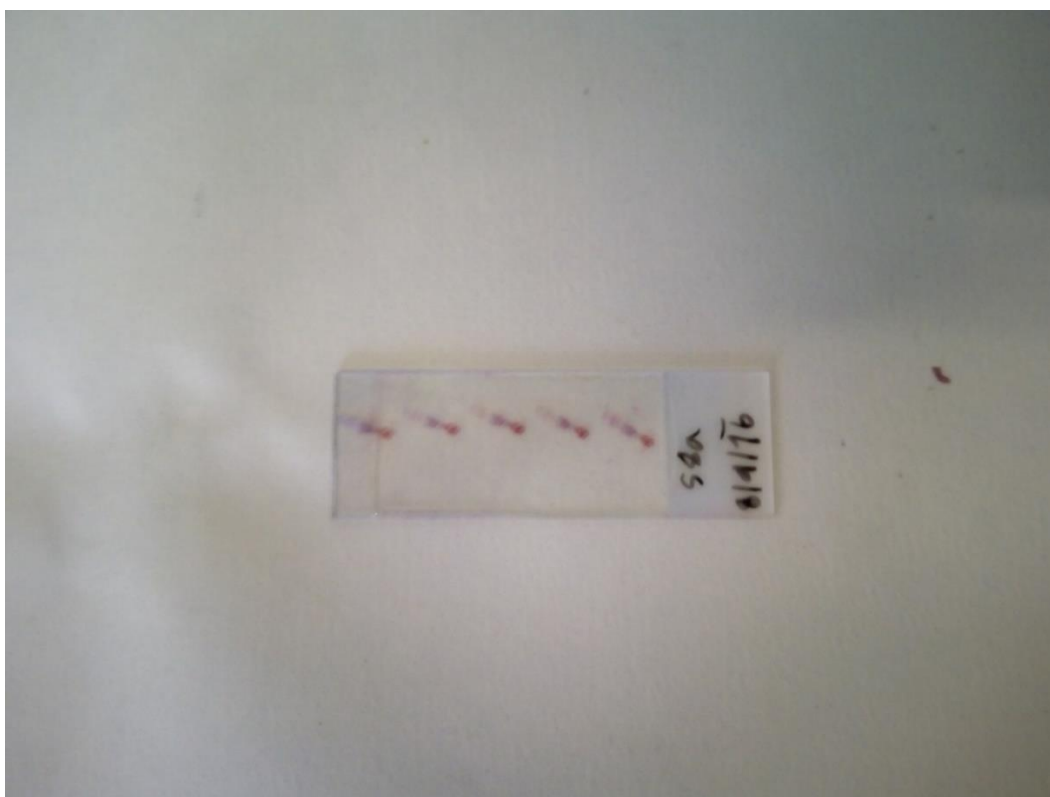
*Příloha 3: Zalévací přístroj LEICA EG 1120 a elektricky vyhřívaná pinzeta LEICA EG F*



*Příloha 4: Připravený voskový bloček*



Příloha 5: Plastové kontejnery s chemikáliemi



Příloha 6: Mikroskopický preparát



*Příloha 7: Rotační mikrotom LEICA RM 2235 a vodní lázeň LEICA HI 1210*



*Příloha 8: Mikroskop LEICA DMLS s digitální kamerou LEICA DFC 280*